

Kendali Tekanan Refrigerant Menggunakan Metode Logika Fuzzy

Refrigerant Pressure Control Using Fuzzy Logic Method

Herlangga Ibnu Azis¹, Kartika Sekarsari^{2*}

^{1,2} Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Pamulang

Jl. Puspitek, Buaran, Kec. Pamulang, Kota Tangerang Selatan, Banten 15417, Indonesia

herlanggaazis968@gmail.com¹, dosen00181@unpam.ac.id^{2*}

Abstrak – Refrigerant atau freon merupakan zat pemindah panas pada sebuah sistem pendingin, tanpanya sistem refrigerasi tidak akan bekerja. Namun refrigerant juga dapat menyebabkan masalah konsumsi listrik yang tinggi dan juga dapat menyebabkan kerusakan pada kompresor tergantung dari tekanan refrigerant dan juga kondisi AC (Air Conditioner) itu sendiri. Dalam kasus tersebut terjadi ketidakpastian kondisi refrigerant, khususnya pada saat pengisian refrigerant. Hal ini bisa disebabkan oleh tekanan, arus, dan kondisi AC (Air Conditioner) itu sendiri. Oleh karena itu, pada penelitian ini dibuat sebuah alat pengisian refrigerant otomatis yang dapat mengetahui kebutuhan refrigerant dengan menggunakan Logika Fuzzy metode inferensi Mamdani, sensor tekanan Transmitter G, dan sensor arus SCT013, sehingga diharapkan dapat mencegah konsumsi listrik yang tinggi, membantu mempermudah pekerjaan teknisi AC (Air Conditioner) dalam pengisian refrigerant sehingga kebutuhan tata udara dapat terpenuhi. Logika Fuzzy dengan metode inferensi Mamdani yang diterapkan pada alat mampu menyelesaikan masalah ketidakpastian dalam pengisian refrigerant, dengan cara memetakan variabel tekanan dan variabel arus dalam fungsi keanggotaan masukan yang mana masing-masing variabel tersebut memiliki tiga himpunan. Sedangkan, variabel pengisian refrigerant dipetakan dalam fungsi keanggotaan keluaran dengan dua himpunan. Pada akhirnya diperoleh sebuah keputusan berupa nilai status pengisian yang mampu bekerja secara otomatis dengan memanfaatkan hasil proses defuzzification sebagai kontrol solenoid valve dengan hasil pengujian sistem AC (Air Conditioner) 1/2 PK R32 merek DAIKIN adalah 170 Psi (pound per square inch) untuk tekanan dan 1,64 A untuk arus. Hasil pengukuran sensor tekanan dan arus memiliki rata-rata error dari 10 kali pengukuran, yaitu 0,3% untuk sensor tekanan transmitter G1 dan 3,21 % untuk sensor arus.

Kata Kunci: Refrigerant, Logika Fuzzy, Sensor tekanan, sensor arus, Air Conditioner.

Abstract Refrigerant, known as freon, is a heat transfer substance in the cooling system, which is necessary for the refrigeration system to work. However, refrigerants can also cause problems with high electricity consumption. It can also cause damage to the compressor depending on the pressure of the refrigerant and the condition of the Air Conditioner. In this case, there is uncertainty about the condition of the refrigerant, especially when charging the refrigerant. This can be caused by pressure, current, and the Air Conditioner's condition. Therefore, in this study, an automatic refrigerant filling device was created that can determine refrigerant needs using the Fuzzy Logic Mamdani inference method, Transmitter G pressure sensor, and SCT013 current sensor so that it is expected to prevent high electricity consumption, help make the work of Air Conditioner technicians easier in charging the refrigerant so that the need for air conditioning can be fulfilled. Fuzzy logic with the Mamdani inference method applied to the tool can solve the problem of uncertainty in refrigerant filling by mapping the pressure variables and current variables in an input membership function where each variable has three sets. Meanwhile, the refrigerant charging variable is mapped into an output membership function with two sets. In the end, a decision was obtained in the form of a filling status value that was able to work automatically by utilizing the results of the defuzzification process as a control solenoid valve with the results of testing the Air Conditioner 1/2 PK R32 brand DAIKIN was 170 PSI for pressure and 1.64 A for

current, where the measurement results of the pressure and current sensors have an average error of 10 measurements, namely 0,3 % for the G1 transmitter pressure sensor and 3,21% for the current sensor.

Keywords: Refrigerant, Fuzzy Logic, Pressure sensor, current sensor, Air Conditioner.

1. Pendahuluan

Refrigerant [1] atau yang biasa dikenal dengan Freon atau Puron merupakan zat pemindah panas yang mengalir dalam suatu sistem pendingin, seperti: freezer [2], AC (Air Conditioner)[3], dan lemari es [4][5][6]. Saat sistem pendingin sedang bekerja maka refrigerant akan bertanggung jawab untuk mengeluarkan panas dengan cara mengubah wujud secara terus menerus antara cair dan gas sehingga dapat menghasilkan udara dingin. Oleh karenanya, tanpa refrigerant maka refrigerasi pada sistem pendingin tidak mungkin dapat bekerja [6].

Walau manfaat yang ditimbulkannya banyak, namun ada juga kekurangan dari penggunaan refrigerant ini pada peralatan sistem pendingin, diantaranya adalah jika sistem pendingin banyak menggunakan refrigerant dari jenis tertentu dalam jumlah banyak, maka akan terjadi kerusakan lingkungan akibat penipisan lapisan ozon [7][8] atau pemanasan global [9]. Selain itu, jika menggunakan refrigerant yang salah dalam suatu sistem pendingin maka akan terjadi kerusakan yang parah pada komponen sistem tersebut. Penelitian lain, yang dilakukan oleh [10] mengatakan bahwa tekanan refrigerant berpengaruh terhadap konsumsi listrik. Dalam hal ini, jika tekanan refrigerant semakin besar maka semakin besar pula konsumsi listriknya, dan sebaliknya jika tekanan refrigerant semakin kecil maka semakin pula konsumsi listriknya [11]. Dan jika AC (Air Conditioner) dibiarkan berjalan dalam keadaan kekurangan refrigerant maka akan menyebabkan kerusakan pada kompresor [10].

Ketidaktepatan mengenai kondisi refrigerant khususnya pada saat pengisian refrigerant [12] di pengaruhi oleh tekanan, arus, dan kondisi dari sistem pendingin itu sendiri. Oleh karenanya, diperlukan alat pengisian refrigerant otomatis yang dapat mengetahui kebutuhan refrigerant pada suatu sistem pendingin, sehingga dapat di minimalkan adanya kerusakan yang terjadi pada komponen sistem pendingin tersebut akibat pengisian dari refrigerant. Pada penelitian [13] model Fuzzy yang dikembangkan untuk pengisian refrigerant lemari es mampu menentukan jumlah refrigerant yang dibutuhkan dalam waktu singkat dan memiliki penghematan waktu sebesar 70,6%, dimana penghematan ini menghasilkan konsumsi energi sebesar 1 kWh per unit yang diuji.

Dari uraian diatas maka tujuan dari penelitian ini adalah merancang sistem kendali Fuzzy yang dapat diterapkan untuk mengendalikan pengisian refrigerant pada AC (Air Conditioner) Split ½ PK dari merk Daikin. Jenis refrigerant yang digunakan adalah jenis R32, sensor yang digunakan adalah sensor pressure transmitter G1 dan sensor arus SCT013 [14][15]. Komponen pengendalinya adalah Arduino Nano.

2. Metode Penelitian

2.1 Desain perangkat keras

Desain perangkat keras sistem kendali tekanan refrigerant menggunakan metode Logika Fuzzy terdiri dari beberapa bagian blok diagram seperti yang diperlihatkan gambar 1 adalah sebagai berikut:

a. PSU (Power Supply)

Pada bagian blok ini terdiri dari adaptor 24 Volt sebagai sumber tegangan utama pada sistem dan modul step down LM-2596 sebagai penurun dari tegangan 24 Volt ke 5 Volt.

b. Input

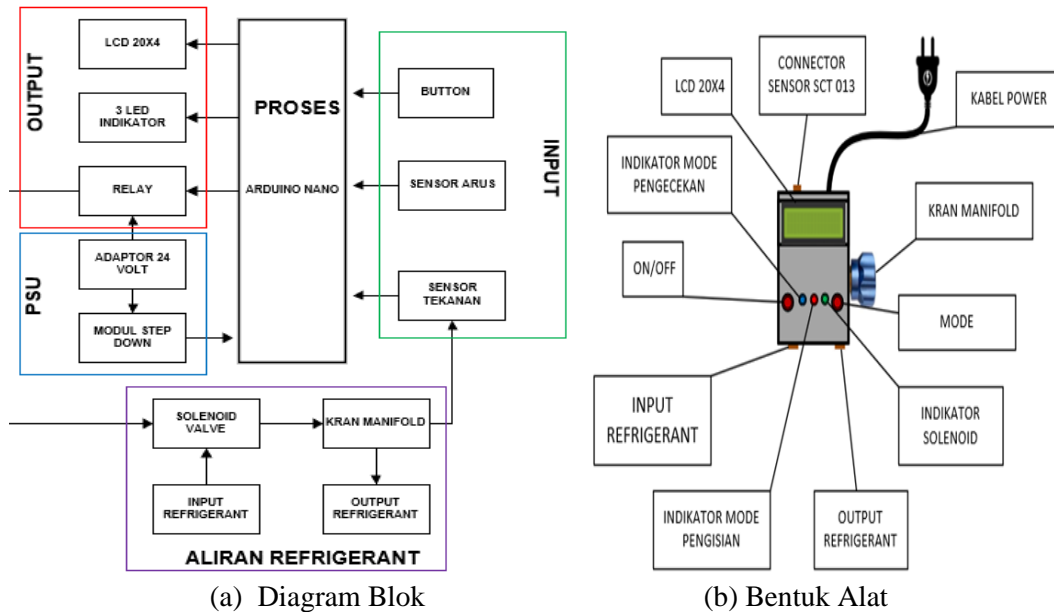
Bagian blok ini terdiri dari push button sebagai selector mode, kemudian sensor tekanan transmitter g1 untuk pembacaan tekanan, dan sensor arus SCT 013 untuk pembacaan arus.

c. Proses

Blok ini hanya terdiri dari Arduino nano sebagai mikrokontroler yang bertugas sebagai proses *input* dan *output* data.

d. Blok aliran *refrigerant*

Bagian blok ini terdiri *solenoid valve* yang berfungsi sebagai kran otomatis dan kran *manifold* yang berfungsi sebagai penghubung antara *solenoid valve* dan sensor tekanan, sekaligus sebagai kran manual untuk mempermudah dalam analisa data.



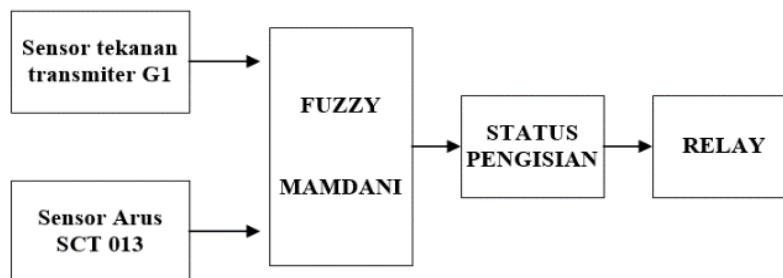
Gambar 1 Diagram sistem kendali tekanan refrigerant.

e. *Output*

Bagian blok ini terdiri dari LCD 20x4 yaitu untuk tampilan pembacaan sensor dan nilai keluaran fuzzy, kemudian tiga buah led untuk indikator pengisian, dan relay sebagai kontrol ON atau OFF *solenoid valve*.

2.2. Desain Perangkat Lunak Fuzzy

Perancangan Fuzzy dalam penelitian ini menggunakan metode inferensi Mamdani dengan dua masukan dan satu keluaran. Masukan Fuzzy terdiri dari tekanan dan arus, sedangkan keluaran Fuzzy berupa status pengisian yang nantinya di dimanfaatkan sebagai *ON* atau *OFF* relay. Gambar 2 memperlihatkan desain Fuzzy alat.

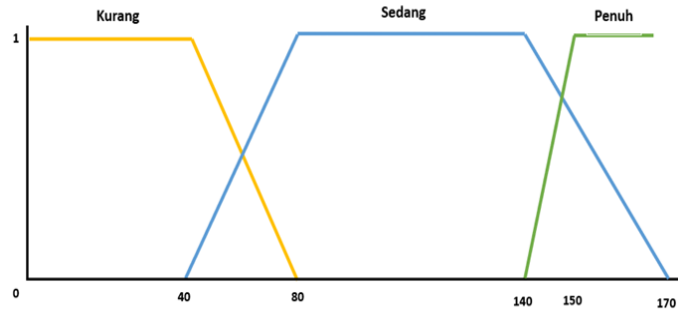


Gambar 2. Desain Perancangan Fuzzy Mamdani

Fungsi keanggotaan masing – masing parameter Fuzzy adalah sebagai berikut:

a. Keanggotaan Masukan Fuzzy untuk Variabel Tekanan

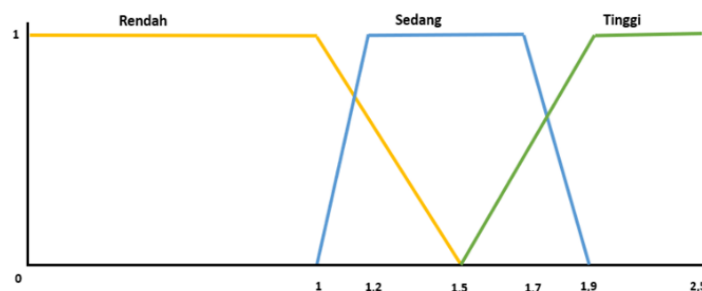
Nilai tekanan kerja *Refrigerant* untuk jenis R32 dibagi menjadi 3 himpunan, yang masing-masing himpunan memiliki nilai range keanggotaan, yaitu: kategori kurang dengan nilai keanggotaan 0 hingga 80. Kategori sedang dengan nilai keanggotaannya 40 hingga 170. Dan kategori terpenuhi dengan nilai keanggotaan 140 hingga 170 yang diperlihatkan pada gambar 3.



Gambar 3. Grafik keanggotaan variabel tekanan dengan satuan Psi

b. Keanggotaan Masukan Fuzzy untuk Variabel Arus

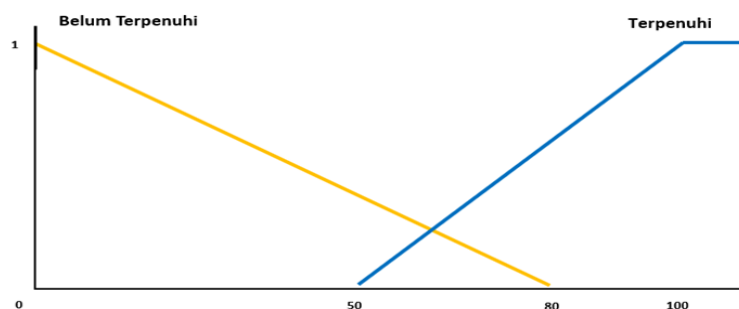
Nilai Arus pada sistem AC (*Air Conditioner*) Daikin 1/2 PK dengan jenis R32 berdasarkan *name plate* 1,9 Amper, dibagi menjadi 3 himpunan, dimana masing-masing himpunan memiliki range keanggotaan sebagai berikut: variable rendah, nilai keanggotaan 0 hingga 1,5. Variable sedang, nilai keanggotaan 1 hingga 1,9. Dan, Variabel Tinggi nilai keanggotaan 1,5 hingga 2,5 yang diperlihatkan pada gambar 4.



Gambar 4. Grafik keanggotaan variabel arus dengan satuan Ampere

c. Keanggotaan Keluaran Fuzzy untuk Variabel Status Pengisian

Nilai keanggotaan status pengisian dirancang dengan nilai range antara 0 hingga 100. Nilai range ini, dibagi menjadi 2 himpunan, yaitu: Kategori Belum Terpenuhi yang memiliki nilai keanggotaan 0 hingga 80. Dan, Kategori Terpenuhi nilai keanggotaan adalah 50 hingga 100 yang diberikan pada gambar 5.

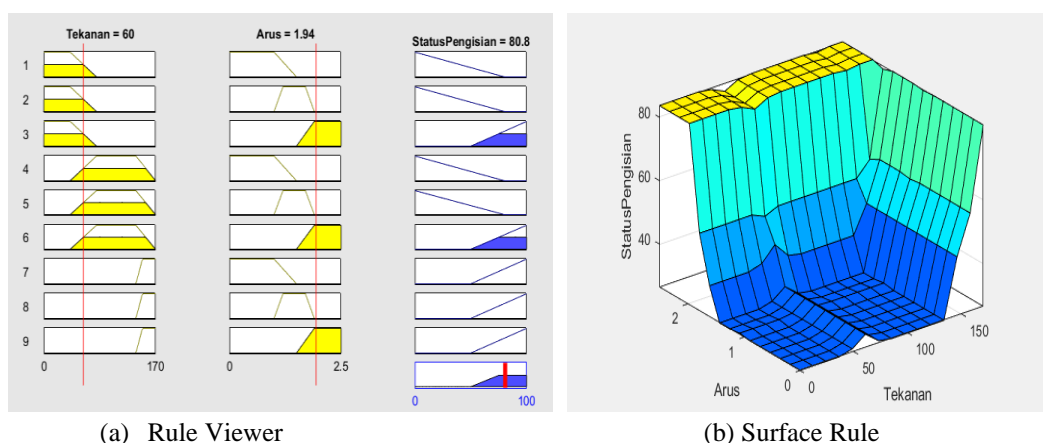


Gambar 5. Grafik keanggotaan status pengisian dengan satuan Psi

Aturan Fuzzy, yang diberlakukan pada alat adalah sebagai berikut:

- [R1]. Jika Tekanan Kurang dan Arus Rendah maka Status Pengisian Belum Terpenuhi *Relay* ON.
- [R2]. Jika Tekanan Kurang dan Arus Sedang maka Status Pengisian Belum Terpenuhi *Relay* ON.
- [R3]. Jika Tekanan Kurang dan Arus Tinggi Status Pengisian Terpenuhi *Relay* OFF.
- [R4]. Jika Tekanan Sedang dan Arus Rendah maka Status Pengisian Belum Terpenuhi *Relay* ON.
- [R5]. Jika Tekanan Sedang dan Arus Sedang maka Status Pengisian Belum Terpenuhi *Relay* ON.
- [R6]. Jika Tekanan Sedang dan Arus Tinggi maka Status Pengisian Terpenuhi *Relay* OFF.
- [R7]. Jika Tekanan Penuh dan Arus Rendah maka Status Pengisian Terpenuhi *Relay* OFF.
- [R8]. Jika Tekanan Penuh dan Arus Sedang maka Status Pengisian Terpenuhi *Relay* OFF.
- [R9]. Jika Tekanan Penuh dan Arus Tinggi Status Pengisian Terpenuhi *Relay* OFF.

Berikut ini adalah hasil Rule Viewer dan Surface Rule Fuzzy dalam GUI Matlab, diperlihatkan pada gambar 6.



Gambar 6 a) Rule Viewer dan b) Surface Rule Fuzzy pada GUI Matlab

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pengujian Sensor Tekanan

Penelitian ini menggunakan sensor tekanan jenis sensor *pressure transmitter* G1. Pengujian sensor *pressure transmitter* G1 menggunakan tekanan *refrigerant*. Sensor *pressure transmitter* G1 kemudian dicabangkan dengan *manifold gauge* sebagai hasil pembandingan. Metode kalibrasi sensor tekanan, adalah dengan menggunakan metode persamaan gradien garis lurus [16] antara pengukuran tegangan yang keluar dari sensor tekanan pada Arduino, dengan hasil pengukuran tekanan yang keluar dari *Manifold Gauge*. Data pengujian diambil dari data ke-1 dan data ke-5 hasil pengukuran. Persamaan gradien garis lurus, ditunjukkan sebagai berikut:

$$m = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \quad (1)$$

Dimana:

x_1 = tegangan sensor pada data ke 1

x_2 = tegangan sensor pada data ke 5

y_1 = tekanan *Manifold gauge* pada data ke 1

y_2 = tekanan *Manifold gauge* pada data ke 5

persamaan diatas menghasilkan:

$$y_2 = 55,096 x_2 - 25,344 \quad (2)$$

atau dapat ditulis menjadi:

$$\text{Tekanan} = 55,096 \cdot \text{Tegangan} - 25,344 \quad (3)$$

Persamaan diatas selanjutnya digunakan pada pemrograman Arduino untuk mengukur tekanan. Hasil pengukuran pengujian sensor *pressure transmitter G1* diperlihatkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengujian sensor *pressure transmitter G1*

Sensor Tekanan Transmitter G1 (Psi)	<i>Manifold Gauge</i> Sai Heng Ct 467 (Psi)	Error (%)
0	0	0,00
50	50	0,00
80	80	0,00
100	100	0,00
128	125	2,40
140	140	0,00
166	165	0,61
190	190	0
200	200	0
Rata Rata Error : 0,33 %		

Sembilan data percobaan yang diambil dari hasil pengukuran antara sensor *pressure transmitter G1* dan *Manifold Gauge* merk *Sai Heng CT 467* menunjukkan rata-rata kesalahan (*error*) sebesar 0,33%. Walau pengukuran ini belum dikatakan sepenuhnya akurat, oleh karena *manifold gauge* yang digunakan masih analog, namun dari hasil uji coba sensor tekanan dalam hal ini sensor *pressure transmitter G1* siap untuk digunakan.

3.2. Pengujian Sensor Arus

Pada pengujian ini memperlihatkan hasil pengukuran sensor arus SCT013 yang dibandingkan dengan hasil pengukuran pada Tang Amper TS-202. Pengujian dilakukan dengan beberapa beban yang memiliki daya berbeda. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengujian sensor SCT013

Beban (Watt)	Sensor Arus SCT013 (A)	Tang Ampere TS-202 (A)	Error (%)
30	0,1	0,09	1,11
40	0,12	0,12	0,00
60	0,26	0,24	8,33
75	0,34	0,31	9,68
100	0,41	0,39	5,13
Rata Rata Error :			4,85%

Dari hasil pengujian sensor arus yang ditunjukkan pada Tabel 2 diperoleh nilai rata-rata error sebesar 4,85%. Hal ini menunjukkan bahwa sensor arus SCT013 dapat digunakan.

3.3 Pengujian Sistem Fuzzy

Pada sistem *fuzzy* pengujian dilakukan dengan cara membandingkan hasil keluaran *fuzzy* pada Arduino dan Matlab. Hal ini dimaksudkan agar dapat diketahui sistem *fuzzy* yang telah dibuat dapat bekerja dengan baik. Pengambilan nilai sampel tekanan dan arus yaitu dengan cara mengambil range nilai berdasarkan aturan fuzzy yang telah dibuat di dalam program. Hasil keluaran fuzzy ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3 Pengujian dengan Sistem Fuzzy

Nilai Sampel		Keluaran Fuzzy		Error %
Tekanan	Arus	Arduino	Matlab	
16	0,5	26,67	26,3	1,41
50	1,25	26,67	26,3	1,41
60	1,94	80,56	80,8	0,3
80	0,5	26,67	26,3	1,41
100	1,34	26,67	26,3	1,41
125	1,9	83,97	83,7	0,32
160	0,5	58,5	59,9	2,34
152	1,5	51,53	52	0,90
170	2	83,97	83,7	0,32
Rata-rata kesalahan (error):				1,09 %

Hasil keluaran *fuzzy* seperti yang diperlihatkan pada Tabel 3 menunjukkan bahwa sistem *fuzzy* yang dibuat pada Arduino memiliki nilai rata-rata error 1,09 % dari keluaran Matlab. Oleh karenanya, agar dapat menjalankan relay sesuai dengan nilai *fuzzy* yang dirancang, maka fungsi IF dalam pemrograman ditunjukkan pada gambar 7.

```

If (outputFuzzy > = 80.56){
digitalWrite (relay, OFF);
}else{
digitalWrite (relay, ON);}

```

Gambar 7. Program fungsi IF pada Arduino IDE.

Penjelasan program pada gambar 7 adalah apabila *keluaran fuzzy* bernilai $\geq 80,56$ maka Arduino akan memerintahkan *relay* untuk OFF, namun jika nilai keluaran belum terpenuhi maka *relay* akan ON. Dalam hal ini, nilai 80,56 di ambil dari data ke 3 pada keluaran *fuzzy* Arduino.

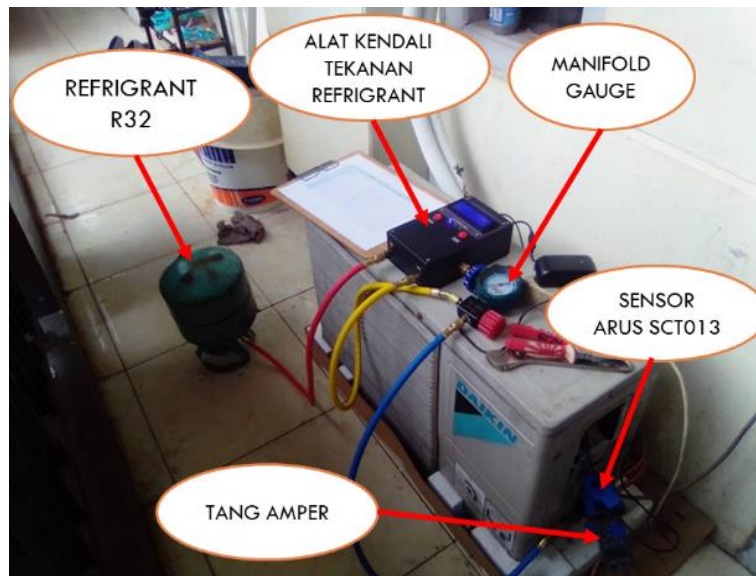
3.4. Pengujian Sistem Keseluruhan

Metode pengujian sistem secara keseluruhan adalah dengan cara tabung *refrigerant* di hubungkan ke alat kendali tekanan *refrigerant*, menggunakan selang *manifold* di bagian *input* alat. Selanjutnya, bagian *output* alat di hubungkan ke bagian *input* dari *manifold gauge* menggunakan selang *manifold*, sehingga akan terhubung secara seri. Pada bagian *output manifold gauge* selanjutnya, di hubungkan ke *service port outdoor AC (Air Conditioner)*.

Kemudian, sensor arus SCT013 dan tang amper di jepitkan ke kabel fasa *outdoor* AC (*Air Conditioner*). Pengujian ini dilakukan pada keadaan sistem AC (*Air Conditioner*) sedang berjalan. Alat kendali refrigerant menggunakan Fuzzy ditunjukkan pada gambar 8 dan pengujian sistem secara keseluruhan ditunjukkan pada gambar 9.



Gambar 8 Alat kendali refrigerant menggunakan Fuzzy



Gambar 9. Pengujian sistem keseluruhan

Untuk mendapatkan hasil tingkatan pengukuran yang berbeda adalah dengan cara membuka kran *manifold* pada alat kendali tekanan *refrigerant* secara perlahan, kemudian kran *Manifold Gauge* di tutup kembali, dengan demikian data hasil pengukuran dapat diperoleh. Hal ini dapat dilakukan secara berulang hingga *solenoid valve* menghentikan pengisian. Untuk hasil dari pengujian sistem ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4 Pengujian pengisian refrigerant pada AC Daikin 1/2 PK R32.

Sensor Tekanan	Sensor Arus	Output Fuzzy	Relay
0	0,8	26,67	ON
30	1,12	27,91	ON

55	1,26	29,1	ON
75	1,48	27,04	ON
85	1,53	39,34	ON
100	1,55	26,67	ON
128	1,6	40,89	ON
147	1,63	48,37	ON
166	1,67	67,58	ON
170	1,64	83,97	OFF

Hasil Tabel 4 menunjukkan bahwa pada pengisian *refrigerant* AC (*Air Conditioner*) Daikin sistem 1/2 PK R32, sistem *fuzzy* yang dibuat dapat bekerja dengan baik. Hal ini ditunjukkan ketika nilai *output fuzzy* bernilai lebih dari atau sama dengan (\geq) 80,56 pengisian akan terhenti, dalam kasus ini nilai *output fuzzy* menunjukkan nilai 83,97. Untuk arus masih sedikit di bawah standar yaitu 1,64 Amper dari standar yang tertera pada *name plate* AC (*Air Conditioner*) yakni 1,9 Amper. Namun demikian, pengukuran tekanan sudah mencapai maksimal standar yang di tentukan yaitu 170 Psi.

3.5. Hasil Perbandingan Sensor Tekanan

Nilai *error* pada sensor tekanan (*Pressure transmitter G1*) dengan *Manifold Gauge* Saiheng CT-467 sebagian perbandingan, diperoleh dengan persamaan sebagai berikut:

$$Error = \left| \frac{Sensor\ Tekanan - Manifold\ Gauge}{Manifold\ Gauge} \right| \times 100\% \quad (4)$$

Hasil pengujian sensor tekanan (*Pressure transmitter G1*) di tunjukan pada Tabel 5.

Tabel 5 Hasil Perbandingan Pengukuran Tekanan

Alat Ukur		
Sensor tekanan G1 (PSI)	Manifold Gauge Saiheng CT-467 (PSI)	Error (%)
0	0	0,00
30	30	0,00
55	55	0,00
75	75	0,00
85	85	0,00
100	100	0,00
128	125	2,40
140	140	0,00
166	165	0,61
170	170	0,00
Rata rata error :		0,30%

Seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5 untuk pengukuran pada sensor tekanan (*Pressure Transmitter G1*) masih dikatakan memiliki tingkat akurasi yang baik dengan nilai rata-rata error pengukuran sebesar 0,30% dari alat perbandingan.

3.6. Hasil Perbandingan sensor SCT013

Nilai *error* pada sensor Arus SCT013 dengan Tang Amper TS 202 sebagian perbandingan, diperoleh dari persamaan rumus sebagai berikut:

$$Error = \left| \frac{Sensor\ Arus - Tang\ Amper}{Tang\ Amper} \right| \times 100\% \quad (5)$$

Hasil pengujian sensor arus SCT-013 dengan tang amper TS-202 diberikan dalam Tabel 6.

Tabel 6. Hasil perbandingan Arus

Alat Ukur Arus		
Sensor SCT- 013 (A)	Tang Ampere TS-202 (A)	Error (%)
0,8	0,81	1,23
1,12	1,12	0
1,26	1,2	5
1,48	1,4	5,71
1,53	1,46	4,79
1,55	1,49	4,03
1,6	1,57	1,91
1,63	1,58	3,16
1,67	1,63	2,45
1,64	1,58	3,8
Rata rata error :		3,21%

Seperti yang ditunjukkan pada Tabel 6 bahwa hasil pengukuran masih dikatakan cukup baik melihat nilai rata-rata error pengukuran sebesar 3,21 %.

Dari hasil pengujian secara keseluruhan pada alat kendali *refrigerant* menggunakan Fuzzy, maka dapat dikatakan alat yang dibuat bisa bekerja dengan baik sesuai dengan metode *fuzzy* yang telah di rancang dan mampu menghentikan pengisian ketika nilai output *fuzzy* dalam kondisi terpenuhi, dengan tidak terjadi kelebihan pengisian *refrigerant* sehingga arus yang di peroleh dalam pengisian tidak melebihi standar yang telah ditentukan oleh pabrik. Selain itu, dengan penggunaan alat ini maka akan mempermudah dalam menganalisa masalah yang terdapat pada sistem pendingan AC (*Air Conditioner*) tersebut.

4. Kesimpulan

Metode *Fuzzy* yang diterapkan pada sistem kendali tekanan *refrigerant* mampu menyelesaikan masalah ketidakpastian dalam pengisian *refrigerant*. Desain pemetaan tekanan dan arus dalam fungsi keanggotaan, serta aturan fuzzy yang berkaitan dengan pengisian *refrigerant* mampu menghasilkan keputusan berupa nilai status pengisian. Selain itu, alat yang dibuat ini mampu menghentikan pengisian secara otomatis dengan memanfaatkan hasil *defuzzification* yang dimasukkan ke dalam fungsi pemrograman *if* sehingga dapat mengaktifkan dan menonaktifkan *relay* sebagai kontrol *solenoid*. Pengujian alat yang dilakukan pada sistem pendingin ruangan (*Air Conditioner*) sistem 1/2 PK R32 merk Daikin menghasilkan nilai tekanan sebesar 170 PSI (*pound per square inch*) dan nilai arus sebesar 1,64 Ampere. Oleh karena alat ini hanya mampu mengendalikan *refrigerant* dengan sistem 1/2 PK dan jenis *refrigerant* R32, maka pada pengembangan selanjutnya disarankan alat semacam ini mampu mengendalikan lebih dari satu jenis *refrigerant* dengan kapasitas AC (*Air Conditioner*) yang berbeda pula, tentunya penyesuaian pada desain fungsi keanggotaan dan aturan-aturan fuzzy harus dilakukan dan disesuaikan dengan kebutuhan.

Referensi

- [1] A. K. Vuppaladadiyam *et al.*, "Progress In The Development And Use Of Refrigerants And Unintended Environmental Consequences," *Science of the Total Environment*, vol.

823. 2022. doi: 10.1016/j.scitotenv.2022.153670.
- [2] L. N. Tilqadri, I. Nofitra, Isnanda, Feidihal, and Y. Yetri, "Identifikasi Kerusakan dan Perbaikan Refrigerator Freezer AR763," *J. Teknol. dan Rekayasa Manufaktur*, vol. 3, no. 1, 2021, doi: 10.48182/jtrm.v3i1.69.
- [3] M. A. Rozaq, B. Sukoco, and D. Nugroho, "Analisa Pengaruh Setting Suhu Air Conditioner Terhadap Konsumsi Energi Listrik Pada Air Conditioner Kapasitas 5 Pk Type PSF 5001," *Konf. Ilm. Mhs. UNISSULA*, 2019.
- [4] G. Wilis, "Penggunaan Refrigeran R22 dan R134a pada Mesin Pendingin," *J. Tek. Mesin*, vol. 8, no. 1, 2013.
- [5] A. Yani, Y. H. Anoi, and M. Prastiawan, "Analisis Pengaruh Penambahan Fan pada Instalasi Air Conditioner dan Putaran Engine terhadap Temperatur Cabin dan Coefficient of Performance," *Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin*, vol. 8, no. 1, 2019, doi: 10.24127/trb.v8i1.918.
- [6] F. A. Pratama, W. H. Mitrakusuma, and Muhamad Anda Falahuddin Wirenda Sekar Ayu, "Kajian Kinerja Sistem Refrigerasi Menggunakan Refrigeran R32," *Pros. 12th Ind. Res. Work. Natl. Semin.*, vol. 1, 2021.
- [7] N. Abas, A. R. Kalair, N. Khan, A. Haider, Z. Saleem, and M. S. Saleem, "Natural and synthetic refrigerants, global warming: A review," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 90. 2018. doi: 10.1016/j.rser.2018.03.099.
- [8] K. Ridhuan, "Proses Daur Ulang Refrigeran Yang Tercemar Sebagai Upaya Pelestarian Lingkungan Dan Penghematan," *Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin*, vol. 2, no. 1, 2013, doi: 10.24127/trb.v2i1.38.
- [9] E. Kasli, D. Rehan, and H. Mazlina, "AC Portable Tanpa Menggunakan Freon Sebagai Alternatif Pendingin Udara Ramah Lingkungan," *J. Pendidik. Sains Indones.*, vol. 7, no. 1, 2020, doi: 10.24815/jpsi.v7i1.13544.
- [10] P. D. Pelatin and A. K. Albahar, "Pengaruh Tekanan Freon Pada Sistem Ac (Air Conditioner) Terhadap Konsumsi Listrik," *J. Ilm. Elektrokrisna*, vol. 5, no. 1, pp. 37–44, 2016.
- [11] I. N. Mudana, Y. P. Sudarmojo, and I. G. N. Janardana, "Studi Pengaruh Jenis Refrigerant Terhadap Pemakaian Daya Listrik Pada Mesin Pengkondisian Udara (AC)," *J. SPEKTRUM*, vol. 5, no. 1, 2018, doi: 10.24843/spektrum.2018.v05.i01.p21.
- [12] N. Umami, "Analisa Perubahan Tekanan Pengisian Refrigerant R-32 Terhadap Kinerja Ac Split 1,5 Pk Pada Ruangan Dengan Volume 600 M3," *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 43, no. 1, 2020.
- [13] I. Damaj, J. Saade, H. Al-Faisal, and H. Diab, "Fuzzy Inference Procedure for Intelligent and Automated Control of Refrigerant Charging," *Int. J. Fuzzy Syst.*, vol. 20, no. 6, 2018, doi: 10.1007/s40815-018-0486-3.
- [14] Wayan Arsa Suteja and Adi Surya Antara, "Analisis Sensor Arus Invasive ACS712 dan Sensor Arus Non Invasive SCT013 Berbasis Arduino," *PROtek J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 8, no. 1, 2021, doi: 10.33387/protk.v8i1.2116.
- [15] R. Pradhana and S. Setiawidayat, "Sistem Deteksi Arus Gangguan Satu Fasa Ke Tanah," *Ciastech*, no. September, 2018.
- [16] S. Pramono, P. Yuliantoro, and S. R. Pamungkas, "Sistem Monitoring Tekanan Pada Pipa Air Menggunakan Arduino Uno Pada Jaringan Lora 920-923 Mhz," *J. Media Inform. Budidarma*, vol. 6, no. 1, p. 473, 2022, doi: 10.30865/mib.v6i1.3448.